

社会シミュレーションを用いた 地域医療連携モデルの構築と機能評価に関する研究

○ 眞屋 朋和・市川 学・出口 弘(東京工業大学)
・金谷 泰宏(国立保健医療科学院)

A Simulation Model of Analyzing Medical Cooperation of Daytime Community Health Care

*Tomokazu Maya, Manabu Ichikawa, Hiroshi Deguchi (Tokyo Institute of
Technology) and Yasuhiro Kanatani (National Institute of Public Health)

Abstract— According to OECD report on Health, Measuring Health Care, the current system of medical service in Japanese is encountering the problems that the excessive number of sickbeds and over long average length of hospital stay. At the present time after the improvement of the fifth Medical Law reform, it is becoming increasingly important that health care resource is used effectively accompanying with the promotion of specialization and cooperation in medical care function. We propose a technique to simulate the whole processes of daytime community health care and build up a system for evaluating the actual medical cooperation system. As a result, we apply this model to a real second medical area as a case study, which has the power to prove the worth of this system.

Key Words: agent-based modeling, community health care, medical cooperation system, second medical area

1. はじめに

1.1. 日本の医療提供体制の特徴

近年、OECD 保健医療分野年次報告の中で、日本の医療提供体制の特徴である、病床数が多く入院患者の平均在院日数が長いという点が指摘されている。2012年の報告によると、人口千人当たりの病床数はOECD平均が4.9であるのに対し、日本は13.8と高い値である。また、平均在院日数も、OECD平均が7.1日であるのに対し、日本は18.2日と非常に高い値であることが分かる¹⁾。

これらの問題は第2次大戦後の医療の立て直しの過程で起こったものである。病床数は、1960年代からの医療の量的整備を主な要因として10年ごとに約30万床のペースで増加し、1990年の約127万床をピークに以降はほぼ横ばいである。平均在院日数は、前述の病床の急増とほぼ同時期に、「少子高齢化の進行」「医療技術の進歩」といった社会的背景を伴って顕在化し始めた高齢者の社会的入院を主な要因として1990年頃まで増加した²⁾。高齢者は複合的な疾患を生じ、経過

や病院の設備に応じて適切に異なった病院で治療を受ける事が重要であるが、地域連携クリティカルパスの概念がない段階では、クリニカルパスは一つの病院、一つの診療科で閉じており、その結果トータルに適切な治療計画を立てる事が難しく医療資源の重複や無駄があった。しかし、現在は2000年前後から盛んになった地域連携クリティカルパスの導入により下降傾向にある。

1.2. 地域連携クリティカルパス

地域連携クリティカルパスとは、急性期病院から回復期を経て早期に自宅に帰れるような診療計画を作成し、治療を受ける全ての医療機関で共有して用いるもので、治療過程ごとに機能分化した医療機関を渡り歩く患者に切れ目のない医療サービスを提供するために有効である。

1.3. 医療供給構造の見直し

医療機関の量的整備の過程で起こったこうした問題に対する取り組みは、1980年代に入ってから本格的に始まった。1985年に施行された第1次医療法改正では、医療機関の連

携の推進を図るため地域医療計画の策定が義務づけられ、二次医療圏ごとに必要病床数、医療機関の機能連携等を定めることとされた。また、それまで規制の対象外であった民間病院も含めての病床規制が導入されたが、施行を前に民間病院の「駆け込み増床」を招いた。以降、2000年の第4次医療法改正まで医療計画の主眼は病床規制に置かれてきたが、2006年の第5次医療法改正では、医療計画のあり方は大きく変化した。この改正で医療計画は、地域における医療機能の分化・連携を推進していくための計画としてその役割を強化していくことになった。

第5次医療法改正後の現在においては、切れ目の無い医療の提供を目指し、地域連携クリティカルパスの普及を通じて4疾病5事業ごとに医療連携体制を構築することが義務化され、それまで取り込まれてきた病床の総量規制と共に、医療機能の分化・連携の促進による医療資源の効率的運用が重要視され始めている。

1.4. 本研究の目的

本研究は二次医療圏で行われている病院の入院に係る全日制的医療提供を行う場を研究の領域とし、医療計画で定められた4疾病5事業の脳卒中と急性心筋梗塞の医療連携体制を含む日勤帯の通常診療における患者発生から回復期リハビリテーション後の通院が終了するまでの一連のプロセスをモデル化する手法を提案する。

そして、患者の行動や医療機関の負担を観測するために、現行の医療連携体制についてシミュレーションモデルを通じて分析し、その評価が行える環境を構築する。この環境を用いて、実在する二次医療圏を題材にケーススタディを行い、病床数や設置診療科数といった医療機関の機能に関する施策の導入が地域医療全体に与える影響について評価・分析することが本研究の目的である。

2. 先行研究

本章では、地域医療サービスの分野で起きている問題に取り組んだ先行研究を紹介する。

春日ら³⁾は、夜間救急搬送患者の医療機関による不応需が引き起こす救急搬送時間遅延問題に取り組み、医療計画の一角を担う救急医療をエージェントベースモデリング(以下ABM)でモデル化した。その結果、病院郡輪番制のローテーションの組み替えによって平均搬送時間を改善可能であることを示した。しかし、この研究でモデル化した夜間救急医療における患者発生から診療終了までのプロセスでは、日勤帯の通常診療の領域での適正病床数の算定問題を議論することが出来ない。以上のことから、疾病の多様性による患者の診療経路の違いを表現した基本設計は継承しつつ、機能分化した医療機関間の連携に焦点を当てた現状の日勤帯における通常診療システムのモデル化手法を提案する。

3. モデル

本研究では、社会シミュレーション用言語SOARSを用いてモデルを構築する。モデルは意思決定主体としてのエージェントとそのエージェントが受療行動を行う場としての仮想都市で構成されている。さらに仮想都市では、家や病院といった空間の概念を持つ集合がその役割ごとに階層分けされている。3.1.でモデルを構成する各要素について具体的に説明し、3.2.でモデルの基本的な振る舞いを述べ、3.3.でエージェントの行動を説明する。

3.1. モデルの定義

3.1.1. 都市空間の定義

都市空間は、町丁単位の人間が居住する需要点であり、人間が発症し患者が発生する場である。

3.1.2. 医療機関の定義

病床数に応じて2種類の病院区分を定義する。医療法では病院と診療所は次のように定義される。病院は、20人以上の患者を入院させるための施設を持つ、患者の診療を行う場である。診療所は、20人未満の患者を入院させるための施設を持つ、患者の診療を行う場である。そしてさらに病院と診療所はその機能や役割に応じて細かく分類されているが、本研究では単純化のために診療所はす

べて病床を持たない無床診療所であるとした。また、病院は一般病院と精神科病院のどちらかであるとした。精神科病院とは、精神科の単科病院であり精神病床を有する病院である。一般病院は、それ以外の病院のことである。次に、病院と診療所の医療機能に関する説明をする。本研究で考える医療機能とは診療科と病床である。

本研究では、病院や診療科に設置される診療科に関して、2章で紹介した春日らの分類法を参考にし、10個に分類した。本研究における診療科と現実の診療科の対応を以下のTable.1に示す。

Table.1: 診療科の分類

本研究における診療科	現実の診療科
脳神経外科	脳神経外科
循環器科	循環器科, 心臓血管外科
神経内科	神経内科
消化器科	消化器科
呼吸器科	呼吸器科
精神科	精神科
泌尿器科	泌尿器科
内科	内科
外科	外科, 整形外科, 救急科
小児科	小児科

また、病床は医療法の区分に従って一般病床、療養病床、精神病床に分類されるとする。これに含まれない病床区分は数が少ない上に基準病床数制度の対象に含まれていないため、本研究では考えない。各病床区分の定義は以下の通りである。精神病床は、病院の病床のうち、精神疾患を有する者を入院させるためのものをいう。療養病床は、病院又は診療所の病床のうち、上記の病床以外の病床のうち、長期療養を必要とする患者を入院させるためのものをいう。一般病床は、病院又は診療所の病床のうち、上記の病床以外のものをいう。

3.1.3. 人間の定義

人間は、病気を発症し受療行動を行う主体である。初期状態の人間は年齢区分を保持する。発症後の人間は患者となり、それぞ

れ固有の傷病区分と傷病程度を保持する。

本研究では、3つの年齢区分と10の傷病区分と3つの傷病程度を考慮する。なお、年齢区分に関しては、総務省が行っている国勢調査の年齢3区分を基に人口を3種類に分類した。傷病区分に関しては世界保健機関(WHO)が定める「疾病及び関連保健問題の国際統計分類」(ICD)を基に10種類に分類した。また、傷病区分に関しては、全日通通常診療においては、すべての患者が救急搬送されるわけではないが、便宜上消防法により定められている「救急事故等報告要領」内の分類に基づき3種類に分類している。以下、年齢区分と傷病区分と傷病程度の分類をそれぞれTable.2, Table.3, Table.4に示す。

Table.2: 年齢区分の分類

年齢区分	定義
小児	15歳未満
成人	15歳以上 65歳未満
高齢者	65歳以上

Table.3: 傷病区分の分類

傷病区分	ICD分類
脳血管疾患	IX-脳血管疾患
虚血性心疾患	IX-虚血性心疾患
その他心疾患	IX-高血圧系疾患, その他の心疾患
神経系	VI
消化器系	X I
呼吸器系	X
精神系	V
感覚器系	VII, VIII
泌尿器系	XIV
その他内科系	I, II, III, IV, X II, X IV, X V, X VI, X VII, X X I
外科系	X III, X IX

Table.4: 傷病程度の分類

傷病程度	定義
軽症	入院加療を必要としない程度。
中等症	三週間未満の入院が必要な程度。
重症	三週間以上の入院が必要な程度。

3.2. モデルの概要

医療機関，人間をモデル化する．人間は，年齢に応じて3つのコホートに分類され，各コホート別の発症確率に従い患者が発生する．医療機関には複数の診療科があり，患者は傷病区分に適した診療科を受診する．その際，傷病区分や傷病程度に応じて救急車による救急搬送と，自家用車やタクシー，徒歩による独歩受診のいずれかの経路を選択する．また，救急搬送を選択した場合においては，傷病区分に応じた救急告示病院を選択する．病院に移動した患者はそこで傷病区分に応じた期間傷病区分に応じた病床を消費して入院する．退院後にさらに転院が必要な場合には，療養中心の医療を提供する回復期リハビリ病棟を選択する．以下の Fig.1 に，日勤帯における患者の受療行動の概要を示す．

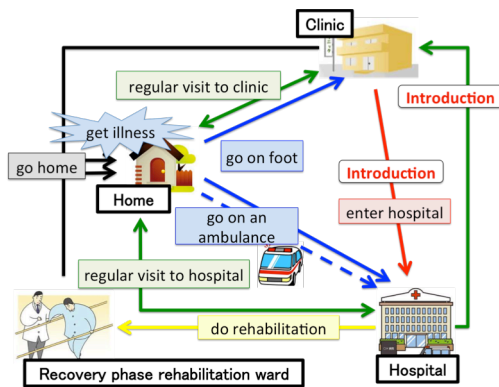


Fig.1: Action of patients

3.3. 人間の受療行動モデル

患者の受療行動のフローチャートを Fig.2

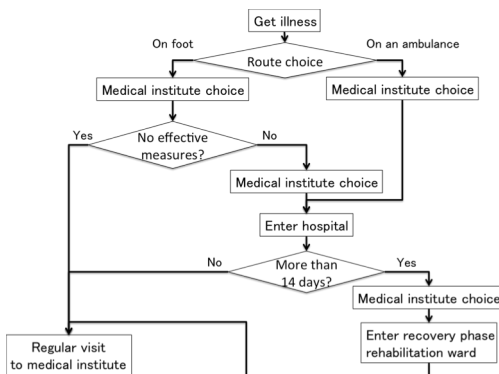


Fig.2: Flow chart of patients' action

に示す．

3.3.1. 患者発生

年齢コホート別発症確率，傷病別の発症確率に従い，患者が発生する．

3.3.2. 経路選択

患者は救急車利用率に基づき確率的に救急車利用，独歩受診を選択する．

3.3.3. 受療先医療機関の選定

独歩受診患者は，医療圏内の全ての医療機関の中から，傷病区分に適した診療科を持つ最寄りの医療機関を選択する．

3.3.4. 搬送先医療機関の選定

救急車利用を選択した患者は，救急車により医療機関に搬送される．この時，医療圏内の全ての医療機関の中から，傷病区分に適した診療科を持つ最寄りの救急告示病院を選択する．医療機関が収容許可を出す条件は，一般病床に空きがあることである．医療圏内に収容可能な救急告示病院が無い時は圏外の医療機関に患者を搬送する．

3.3.5. 傷病程度による分岐

受療先の医療機関で治療を行う際，傷病程度が軽症であれば治療が完了し帰宅する．帰宅した患者は通院日まで自宅で待機する．

3.3.6. 入院可能かの判断

患者が入院不可能となるのは受療先医療機関が診療所であった場合と受療先医療機関が病院であり一般病床に空きがない場合である．この時，紹介先医療機関選定を行う．受療先医療機関が病院であり一般病床に空きがある時は入院可能となり入院診療を開始する．

3.3.7. 紹介先医療機関の選定

普段から患者の融通がある等，連携がある病院から優先して患者の収容要請を行う．収容可能な病院の中で最寄りの病院を選択する．連携がある病院で収容可能な病院がない時は，連携がない病院に収容要請を行う．さらに，収容可能な病院がない時は，圏外の病院を選択する．

3.3.8. 入院開始

病院に収容された重症患者は，入院を開始する．入院期間は，傷病区分により異なる．

3.3.9. 退院

入院期間を終えた患者は退院し帰宅する。3.3.5.の場合と同じく、帰宅した患者は通院日まで自宅で待機する。ただし、入院期間が14日以上である場合は、14日まで一般病床で治療を受け、それ以上の日数分は、療養病床に移って慢性期治療を受ける。

3.3.10. 転院先医療機関の選定

入院していた病院に療養医療がある場合かつ療養病床に空きがある場合は、病院を移動しない。療養病床はあるが空きがない場合と療養病床がない場合は、最寄りの収容可能な病院を選択する。ここで、収容可能な条件は療養病床に空きがあることである。

3.3.11. 回復期リハビリテーション開始

療養病床に移った患者は、回復期リハビリテーションを開始する。この間の期間も傷病ごとに異なっており、終了した患者は帰宅し、通院日まで自宅で待機する。

3.3.12. 通院開始

患者は一定の通院間隔で最寄りの医療機関に通院をする。通院の回数と間隔は傷病によって異なる。規定回数通院した患者は、病気が治る。通院待ちをしている時に新たに病気にかかった患者は、病状が上書きされる。

4. モデルの適用

地方のある二次医療圏にモデルを適用し、提案手法の検証を行う。今回対象とする二次医療圏の全体図をFig.3に示す。

4.1. モデルの前提条件

まず、本モデルを現実の二次医療圏に適用する上で必要になる仮定を紹介する。

本研究では都市空間の境界設定として、二次医療圏内で閉じた空間を前提とする。ただし、圏内の医療機関すべてが収容不可である場合の例外処理のために、1つの圏外医療機関を設置する。圏外医療機関はすべての診療科を所有する。

患者が所有する傷病は1つまでとし、完治する前に新たに発病した場合は傷病に関する情報はすべて上書きされる。また、傷病は本研究で定義した10の傷病区分と2の傷病程

度で表現出来るものとする。

同じ傷病になった患者は同じ地域連携クリティカルパスを利用する。

本来は診療科別に使用出来る病床の上限値が決められているが、本研究においては考慮しない。

4.2. 基本設定

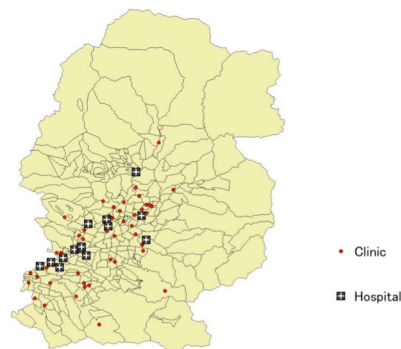


Fig.3: Target second medical area

ベースとなる仮想都市モデルには、GISから取得した平成17年の地理情報を使用した。発病確率、発症確率は平成17年度患者調査の年齢コホート別初診患者数のデータと傷病別年齢コホート別初診患者数の全国値を使用した。

また、救急車利用率は二次医療圏の地域保健医療計画と平成17年度患者調査のデータから推計値を求めて使用した。基本設定で使用した各パラメータに関しては、Table.5に示した通りである。

この他に初期状態において病院で入院している患者を考える。平成17年度の病院調査の対象とする二次医療圏の病床利用率を満たすようにエージェントを病院に初期配置する。その時に入院日数として平成17年度の患者調査から得た数値を平均値とする正規分布に従う値とした。

Table.5: 基本設定で使用したデータ

説明	値
県総人口	883,702
(小児人口)	127,627
(成人人口)	562,495
(高齢者人口)	193,580
二次医療圏総人口	145,837
(小児人口)	21,569
(成人人口)	90,004
(高齢者人口)	34,264
都市空間数	285
一般病院数	14
診療所数	56
総病床数	2,622
(一般病床)	1,399
(療養病床)	682
(精神病床)	541
救急車利用率	0.476

4.3. シミュレーション結果と実データの比較

本モデルは患者の発生率は都道府県単位の値、傷病構造は全国平均の値を用いて患者を発生させている。傷病構造も地域特性を再現するために都道府県レベルの値を用いるべきであるが、都道府県別の地域特性と年齢コホート別の特性を同時に再現出来る統計的数値がないので全国平均で傷病を割り振った。また、閉じた医療圏を想定しているため推計入院患者数、総患者数、平均在院日数、傷病別通院回数は施設所在地の値ではなく、患者所在地の値を用いることとした。

以上の統計値を初期値としてモデルに代入し、病床利用率でフィッティングを試みたが、統計値から大きく外れて低く推移した。しかし、これは専門家へのヒアリングから転院時における同一患者のダブルカウントによる平均在院日数の低減が原因であることが明らかになった。これを補正するために本研究では患者の流出入に関する二つ目の例外である二次医療圏外からの紹介患者の流入を考慮

した。その結果、統計上の数値をモデルに用いる場合の集計方法の違いによる齟齬を失くすことが出来た。

シミュレーションを5回行った時の、調整期間を経て定常状態になった時点での値をTable.6に示す。

Table.6: 実データとの比較

	平均病床利用率	統計値
一般病床	73.9%	76.7%
療養病床	90.9%	90.2%
精神病床	89.4%	89.5%

この結果から各病床種別の病床利用率が統計値に近い値が出ていることが分かる。しかし、病院ごとに個別に利用率を見ると、現実の値から離れていることが分かった。個別の医療機関の利用率が合わなかった原因として、患者の医療機関選定の優先順位に「医療機関の設備・規模」を入れていなかったことが挙げられるが、公開されているデータの種類から個別医療機関の利用率を合わせることは困難である。

次に、現在のシミュレーション結果より現状の問題点を分析し、それを改善するシナリオを導入することを考える。

現状の問題点としては、定常状態においてA病院(339床)、G病院(139床)、M病院(146床)と比較的多くの一般病床を持つ病院の利用率が低い一方で、療養病床の利用率はすべての病院がほぼ満床状態である。この二次医療圏の療養病床は近隣医療圏のリハビリ患者を長く支えていくことを期待されている⁴⁾ので、このままでは転院時の医療連携に支障をきたすことが考えられる。このままでは転院時の医療連携に支障を来すことが考えられる。また、この二次医療圏は既存病床数が基準病床数よりも150床多い⁵⁾。

以上のことから、有効利用出来ていない一般病床を削減・療養病床に転換して、病床数を適正值に保ち、医療連携を改善する病床再編シナリオを導入することを考える。

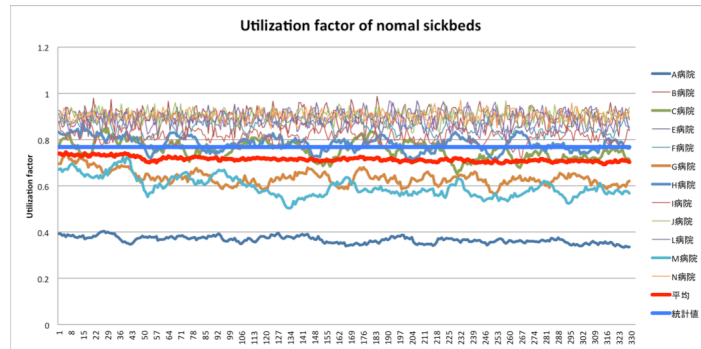


Fig.4: Utilization factor of normal sickbeds (base scenario)

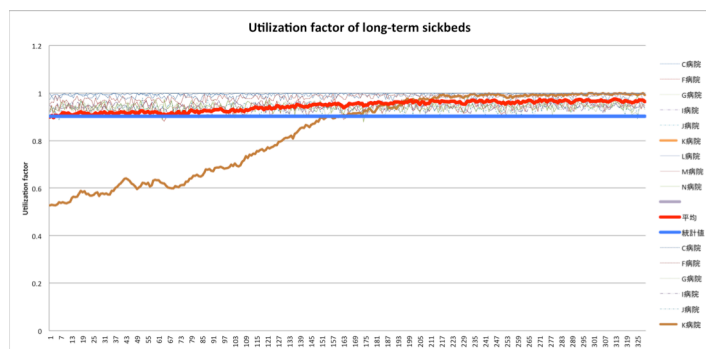


Fig.5: Utilization factor of long-term sickbeds (base scenario)

病床再編シナリオとしては、A 病院の一般病床を 150 床削減させ、G 病院と M 病院の一般病床をそれぞれ 30 床、32 床療養病床に転換させた。これによって全体の平均利用率は一般病床が 13.4%上がって 84.9%になり、療養病床は 2.4%下がって 92.1%になった。病床再編シナリオの導入の結果、一般病床の

平均利用率は上昇し療養病床の平均利用率は低下した。また、両方とも定常状態において安定しており現状分析で挙げた問題点は改善されたと言える。次に、導入した病床再編シナリオが人口構成の変化に伴い傷病構造が変化した場合に受ける影響を分析する。人口問題研究所によれば、平成 17 年度と比べて

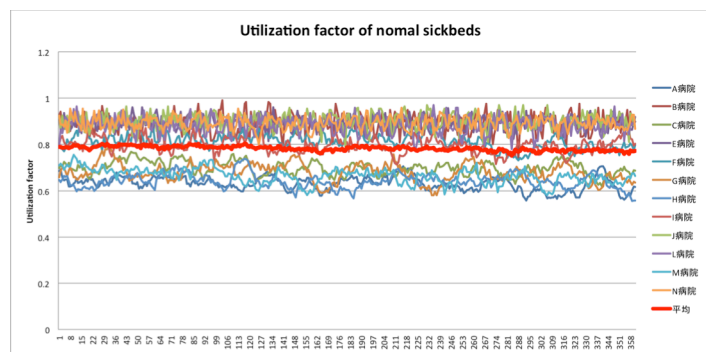


Fig.6: Utilization factor of normal sickbeds (decreasing birthrate and aging population scenario)

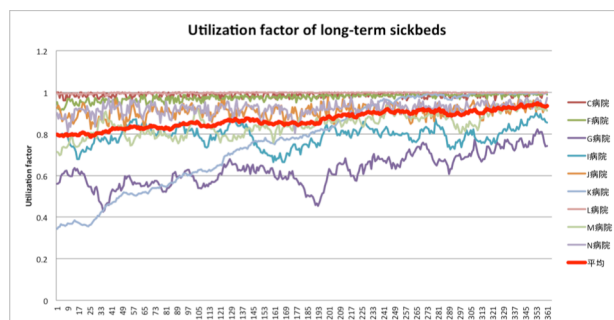


Fig.7: Utilization factor of long-term sickbeds (decreasing birthrate and aging population scenario)

20年後の2025年は人口が9.4%減少し、小児は4.1%減少、成人は3.9%減少、高齢者は7.2%増加することが予想されている⁶⁾。そのような人口構成の変化をシナリオとしてモデルに導入した時の結果を以下に示す。

一般病床と療養病床の年間平均利用率は病床再編シナリオと比べて、それぞれ6.7%減少の78.2%、5.2%減少の86.9%となり、人口減少の影響を受けて一般病床と療養病床の平均利用率は低下した。また、少子高齢化の影響を受けて小児患者や成人患者が多く集まりやすい小児科、呼吸器科、消化器科を所有している病院の一般病床の利用率が低下した。しかし、前述した3つの診療科を所有していても利用率が低下しなかった病院や、逆に所有していなくても利用率が低下した病院があった。前者は、元々患者を集めやすく、人口が多い時には満床になっていた病院であり、後者は満床となった病院の受け入れ先になっていた病院であることが考えられる。

以上より、人口減少や少子高齢化が進行する日本において医療資源を有効に使用する病床配置を考える際には、各病院が自力で患者を集められるかどうかを考慮に入れる必要がある。

5. まとめ

本研究によって、日勤帯の入院に係る通常診療の患者の受療行動をモデル化することが出来た。そしてそのモデルを用いてシミュレーションを行った結果と実データを比較して、

新たに医療機関選定で考慮すべき要素を示した。また、現在までのシミュレーション結果より現状の問題点を改善する病床再編シナリオを提案した。最後に、傷病構造が変化するシナリオを導入し、病床再編する際に考慮すべき要素を示した。

参考文献

- 1) http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/iryuhoken/iryuhoken11/index.html
- 2) 島崎謙治:日本の医療, 89/92, 東京大学出版会(2011)
- 3) 春日・市川・出口・金谷:二次医療圏における夜間救急医療モデルの構築と医療サービスの評価・分析, 第44回システム工学部会研究会予稿集,(2009)
- 4) http://www.jmari.med.or.jp/research/summ_wr.php?no=494
- 5) http://www.pref.yamanashi.jp/imuka/42_006.html
- 6) <http://www.ipss.go.jp/pp-fuken/j/fuken2007/t-page.asp>